

THIN FILM SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING THE SAME

Publication number: JP5021340 (A)

Publication date: 1993-01-29

Inventor(s): OTAKA KOICHI

Applicant(s): RICOH KK; RICOH GEN ELECTRON RES INST

Classification:

- international: *H01L21/20; H01L21/208; H01L21/268; H01L21/336; H01L27/12; H01L29/78; H01L29/786; H01L21/02; H01L27/12; H01L29/66; (IPC1-7): H01L21/20; H01L21/208; H01L21/268; H01L27/12; H01L29/784*

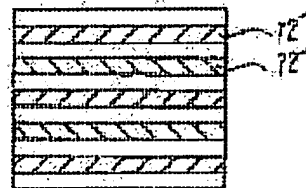
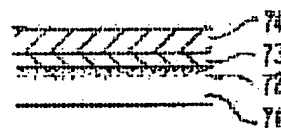
- European:

Application number: JP19910195906 19910710

Priority number(s): JP19910195906 19910710

Abstract of JP 5021340 (A)

PURPOSE:To form a P-type semiconductor region and an N-type semiconductor region at arbitrary positions by forming a semiconductor layer of single crystalline thin film semiconductor layers exhibiting P-type and n-type conductivities, and incorporating impurities for deciding conductivities in an insulating board surface formed with the semiconductor layer. **CONSTITUTION:**A B element invaded layer as an impurity for P-type controlling a conductivity type of a recrystallized film and a P element invaded layer as an impurity for N-type controlling a conductivity type of a recrystallized film are formed as impurity layers 72 on a surface of a glass support board 71. A B element invaded layer 72' and a P element invaded layer 72'' are alternately formed in a board state in a stripe shape. A polycrystalline silicon thin film 72 is formed by a band region melting and recrystallizing method, matched to the layer 72 and formed in a stripe shape. After a surface protective film 74 is formed, a polycrystalline silicon thin film sample is simultaneously irradiated, heated, melted with Ar laser light and a carbon dioxide gas laser light 2, and single crystallized by a band region melting and recrystallizing method.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-21340

(43)公開日 平成5年(1993)1月29日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/20		9171-4M		
21/208	M	7353-4M		
27/12		8728-4M		
29/784				
		9056-4M	H 0 1 L 29/ 78	3 1 1 F
審査請求 未請求 請求項の数3(全 10 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平3-195906

(22)出願日 平成3年(1991)7月10日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(71)出願人 000115706

リコー応用電子研究所株式会社

宮城県名取市高館熊野堂字余方上5番地の10

(72)発明者 大高 剛一

宮城県名取市高館熊野堂字余方上5番地の10 リコー応用電子研究所株式会社内

(74)代理人 弁理士 友松 英爾

(54)【発明の名称】 薄膜半導体装置、その製法および製造装置

(57)【要約】

【目的】 任意の個所にP型およびN型の半導体領域をもつSOI基板の提供。

【構成】 絶縁性基板上に不純物侵入層を形成し、その上に非晶質または多結晶の薄膜半導体層を島状あるいは帯状に形成し、ついでその上に表面保護層を形成した後、前記薄膜半導体層に吸収される第1のレーザ光と、絶縁性基板に吸収される第2のレーザ光を用いて、第2のレーザ光による絶縁性基板の発熱により前記薄膜半導体層が予熱された状態で第1のレーザ光により加熱されることにより帯域溶融再結晶化を行うことにより製造された薄膜半導体装置であって、前記絶縁性基板上に島状あるいは帯状に形成されたP型およびn型伝導性を示す単結晶薄膜半導体層を有し、この伝導性を決める不純物と同一の不純物が少なくとも前記単結晶薄膜半導体層が形成されている領域の絶縁性基板表面に含まれている構造の薄膜半導体装置。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性基板上に、半導体層を有する薄膜半導体装置において、該半導体層は絶縁性基板上に島状あるいは帯状に形成されたP型およびn型伝導性を示す単結晶薄膜半導体層であり、この伝導性を決める不純物と同一の不純物が少なくとも前記単結晶薄膜半導体層が形成されている領域の絶縁性基板表面に含まれていることを特徴とする薄膜半導体装置。

【請求項2】 絶縁性基板上に不純物侵入層を形成し、その上に非晶質または多結晶の薄膜半導体層を島状あるいは帯状に形成し、ついでその上に表面保護層を形成した後、前記薄膜半導体層に吸収される第1のレーザ光と、絶縁性基板に吸収される第2のレーザ光を用いて、第2のレーザ光による絶縁性基板の発熱により前記薄膜半導体層が予熱された状態で第1のレーザ光により加熱されることにより帯域熔融再結晶化を行うことを特徴とする請求項1記載の薄膜半導体装置の製法。

【請求項3】 非晶質または多結晶の薄膜半導体層に吸収される第1のレーザ光を発射する第1レーザ光発射手段と、絶縁性基板に吸収される第2のレーザ光を発射する第2レーザ光発射手段を有することを特徴とする請求項1記載の薄膜半導体装置を製造するための装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、単結晶の薄膜半導体装置、その製法およびその製造装置に関する。

【0002】

【従来技術】絶縁性基板上に単結晶半導体薄膜を形成する手法、いわゆるSOI形成法については、従来より数多く提案されている。これらの多くは絶縁性基板上に非晶質あるいは多結晶半導体薄膜を形成し、この非晶質あるいは多結晶半導体薄膜を種々の熱源により帯域熔融再結晶化させて単結晶化させるものである。この場合の熱源としては、レーザ光、電子ビーム、種々のランプ光、ワイヤー状の形状を持ったカーボンヒータ等がある。これらの従来技術では、熔融再結晶化させる際には半導体材料に不純物を含まないノンドープの状態で作成され、その後SOI上にデバイスを作成する際に不純物を導入していた。これは再結晶化の際に不純物を導入すると再結晶化のための条件が変わるため、基板上的任意の領域にP型半導体領域、N型半導体領域を形成することが困難だったためである。このため再結晶化膜の基板を用いてデバイスを形成する際には不純物を導入する工程が必要となり、工程が煩雑なために歩留まりを下げる原因になっていた。

【0003】

【目的】本発明の目的は、前記のようなSOI基板の欠点を改善し、任意の位置にP型半導体領域、N型半導体領域が形成してあるようなSOI基板を提供することであり、さらには、SOI形成法における帯域熔融再結晶

化法の熱源としてレーザ光を用いることにより前記のようなSOI基板の製法と装置を提供するものである。

【0004】

【構成】本発明の第1は、絶縁性基板上に、半導体層を有する薄膜半導体装置において、該半導体層は絶縁性基板上に島状あるいは帯状に形成されたP型およびn型伝導性を示す単結晶薄膜半導体層であり、この伝導性を決める不純物と同一の不純物が少なくとも前記単結晶薄膜半導体層が形成されている領域の絶縁性基板表面に含まれていることを特徴とする薄膜半導体装置に関する。本発明の第2は、絶縁性基板上に不純物侵入層を形成し、その上に非晶質または多結晶の薄膜半導体層を島状あるいは帯状に形成し、ついでその上に表面保護層を形成した後、前記薄膜半導体層に吸収される第1のレーザ光と、絶縁性基板に吸収される第2のレーザ光を用いて、第2のレーザ光による絶縁性基板の発熱により前記薄膜半導体層が予熱された状態で第1のレーザ光により加熱されることにより帯域熔融再結晶化を行うことを特徴とする前記薄膜半導体装置の製法に関する。本発明の第3は、非晶質または多結晶の薄膜半導体層に吸収される第1のレーザ光を発射する第1レーザ光発射手段と、絶縁性基板に吸収される第2のレーザ光を発射する第2レーザ光発射手段を有することを特徴とする前記薄膜半導体装置を製造するための装置に関する。

【0005】以下、本発明の半導体薄膜層としては、シリコンについて詳述するが、本発明はシリコンに限らず、周期率IV族、III-V族、II-VI族の単体、あるいは化合物半導体であって、その結晶構造がダイヤモンド構造、あるいはジंकブレンド構造を持つすべての材料に適用可能であり、具体的には、Siの他Ge, SiC, BN, BP, BAs, AlP, AlSb, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe, CdHg等である。

【0006】本発明に開示される薄膜半導体装置の製法は絶縁性基板上に帯域熔融再結晶化法で単結晶シリコン薄膜を形成する場合にシリコンに吸収されるレーザ光と絶縁性基板に吸収されるレーザ光を前述のように照射してシリコンを熔融して再結晶させるが、二つのレーザ光を照射してシリコン層を熔融再結晶化させるときに二つのレーザ光の出力、ビーム形状、照射位置等の照射条件を変えてシリコン層の熔融再結晶化領域の温度プロファイルを制御して単結晶シリコン薄膜が島状または帯状のP型半導体領域またはN型半導体領域をもつように処理するものである。

【0007】絶縁性基板上に形成された非晶質あるいは多結晶シリコンの熔融再結晶化法による単結晶シリコンの形成の様子については以下のように説明できる。種々の熱源により絶縁性基板上に形成された非晶質あるいは多結晶シリコンを加熱熔融し（シリコンの融点1412

℃)、その加熱箇所をシリコン層上で相対的に走査した場合、熔融したシリコンはその熱源の移動に伴い冷却固化し、再結晶化する。この時加熱により熔融している部分の温度分布が図1に示すごとく中央部が高く周辺部が低くなっている状況では熔融シリコンの再結晶化は熔融部の周辺から多数同時に開始し、その結果再結晶化シリコンは多結晶体となってしまう。そのような多結晶化を防いで再結晶化を行なうためには、熔融領域における温度プロファイル(本発明の中で述べられる温度プロファイルとはシリコンの熔融再結晶化過程、即ち加熱、熔融、冷却、固化の一連の現象における温度の変化を表わし、具体的には前記の一つあるいは複数の状態における温度、あるいは温度を表わす物理量を計測することで表わされる。)を中央部が周辺より低い状態にすれば良いことが知られている。こうすることにより図2に示すごとく再結晶化は常に中央部より始まることになり、再結晶化シリコンは単結晶として得られることになる。これらの加熱源としてはレーザー光が主に用いられ、熱源の走査速度は概ね数10cm/sec程度である。さらに絶縁性基板上で熔融再結晶化法により単結晶シリコン薄膜を形成するもう一つの方法としては帯域熔融再結晶化法(Zone Melting Recrystallization)がある。この方法に単結晶シリコンの形成の様子は以下のように述べられている。図3にその概略を示したが熔融再結晶化を行なうシリコン層を帯状に加熱熔融するときに、帯状に熔融している領域8以外のシリコン層はシリコンの融点近傍の温度まで加熱しておいて、その熔融領域を移動させることによりシリコンを固化再結晶させて単結晶シリコンを得るものである。この時熔融シリコンの凝固の固液界面には図4に示すようにシリコンの融点1412℃を過ぎても液体の状態を保っている過冷却状態の領域が存在し、シリコンの再結晶化の固液界面はこの過冷却領域の中でシリコンの結晶面の中で一番成長が遅い(111)面のファセット(小さな結晶面)の集まりにより形成されるといわれている。単結晶シリコンの形成は帯状の熔融領域8の移動に伴い、過冷却領域が移動しこの過冷却領域の中で

シリコンの(111)面で構成されるファセット面が連続的に成長することによりなされるものである。この帯状の熔融領域を形成する手法としては基板上に近接して置かれた線状のカーボンヒータで加熱する方法、あるいはRF誘導加熱法等がある。この手法における帯状の熔融領域の移動速度は概ね数mm/sec程度であり、再結晶化の固液界面においては熱平衡に近い状態が実現されていることがこの手法の特徴であるといえる。このような帯域熔融再結晶化法により形成された再結晶単結晶シリコン薄膜で絶縁性基板が石英ガラスで(あるいはSiO₂層)、かつ再結晶化時の表面保護膜として熱CVDで形成したSiO₂の場合には種結晶を使用しないのにもかかわらず再結晶化膜の結晶配向面は(100)面であることが知られている。

【0008】本発明者らはこの帯域熔融再結晶化法に着目し、従来の加熱法とは異なった機能を持った加熱手段を用いた帯域熔融再結晶化法を発明した。その結果、本発明方法を用いて従来の帯域熔融再結晶化法においては困難であったP型半導体領域およびN型半導体領域を同一基板上にもつ薄膜単結晶半導体層をもつ薄膜半導体装置を得ることができた。本発明の技術的背景について述べる。本発明においては加熱源としてシリコンに吸収されるレーザー光(以下第1のレーザー光)と絶縁性基板上に吸収されるレーザー光(以下第2のレーザー光)の2種類のレーザー光を用いている。これはこれらのレーザー光が絶縁性基板上に帯域熔融再結晶化法で単結晶シリコンを形成するのに極めて適した熱源であることによる。最初に帯域熔融再結晶化法においてレーザー加熱法が他の加熱法に比べて有利な点について述べる。図10は従来法による帯域熔融再結晶化で加熱源として一般的に使用される線状のヒータによる加熱の様子を示したものである。シリコンの融点に近い温度領域においては熱源の線状ヒータからの加熱は輻射加熱が主体であり、このような場合基板上の任意の点の熱源から受ける熱量は下記の式(1)により算出される。

【数1】

$$Q_{1 \rightarrow 2} \propto \int_{A_1} \int_{A_2} \cos \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \frac{1}{L^2} dA_1 dA_2 \cdots \cdots (1)$$

$Q_{1 \rightarrow 2}$ は、基板上の任意の点が熱源から受ける熱量

L は熱源と半導体層をもつ基板との距離

A_1 は線状ヒータの熱源となる面積

A_2 は加熱を受ける半導体層の面積

dA_1 は A_1 における微少領域

dA_2 は A_2 における微少領域

ϕ_1 は dA_1 が dA_2 を見込む角度

ϕ_2 は dA_2 が dA_1 を見込む角度

式(1)の記述からも明かなように熱源と基板との距離が2乗の重みで影響する。即ち輻射加熱により帯域熔融再結晶を安定に行なうための温度プロファイルを実現するには熱源と基板との距離を精緻にコントロールしなければならない。この熱源に対する要求は線状ヒータの場合に留まらず、他の熱源の場合でもその加熱の様式が輻射加熱による限り必然的なものである。これに対して加熱源をレーザ光とする場合には熱の発生はレーザ光の吸収によりなされるので、基板上の温度プロファイルが基板とレーザ光源との距離に影響を受けず、またレーザ光の優れた平行性を考慮するならば光源を任意の位置から基板上まで導くことが可能である。また従来の加熱法を用いた帯域熔融再結晶化法では再結晶化の固液界面において過冷却領域を形成する必要から冷却速度を小さくしなければならない。従って固液界面の熱勾配を小さくするために基板全体をシリコンの融点近傍まで加熱する必要があった。そのために帯域熔融再結晶化を行なった後の基板は長時間にわたる高温の加熱のため熱変形を引き起こすことがしばしばあった。また加熱装置が大型になり、あるいは装置上の制約から基板の寸法が制約される場合もある。これに対してレーザ光を熱源とする場合にはレーザ光が他の加熱法に比べて十分に高いエネルギー密度を持っているために、レーザ照射領域は周囲への熱の逃げに抗して、十分に高い温度に保つことが可能である。よって基板全体をシリコンの融点近傍まで高温に加熱する必要はなく、従来の帯域熔融再結晶化法に見られた高温加熱による基板の変形の問題はなく、また基板加熱のための装置上の制限もない。以上のようなレーザ光を加熱源とする場合の特徴に加え、レーザ光はレンズ、ミラーといった種々の光学部品の組合せによりその大きさを任意に変えることができ、また任意の場所に導くことができるので従来の加熱法では実現が困難であった基板内の一部分のみを選択的に帯域熔融再結晶化のプロセスを行なうことが可能である。更には材料へのレーザ光の吸収は概ね材料の表面より数 $10\mu\text{m}$ の深さで留まるのでレーザを加熱源とする場合には基板のごく表面のみを加熱しているのに過ぎない。このことにより基板表面に適切な耐熱層を形成することにより従来の帯域熔融再結晶化法では実現できなかったシリコンの融点より低い融点あるいは軟化点を持つ基板を支持体基板として使用することも可能である。

【0009】本発明は以上のような帯域熔融再結晶化においてレーザ光を加熱源とすることの利点に加えて上述の2種類のレーザ光を使用したことから新たな特徴を有している。図8に本発明が開示するような方法による帯域熔融再結晶化の様子を示した。絶縁性基板1上に形成されたシリコン層(半導体層)2に上述の第1のレーザ光4および第2のレーザ光5を同時に照射すると第1のレーザ光4はシリコン層2で吸収されここで発熱が生ずる。また第2のレーザ光5は基板1内で吸収され発熱を

生ずる。即ちシリコン層2は第2のレーザ光5による予備加熱を受けた状態で第1のレーザ光4により加熱されることになる。この時の2種類のレーザ光での加熱領域の温度プロファイルは図9に示すように第2のレーザ光のビーム径(α_2)を大きく、第1のレーザビーム径(α_1)を狭くし、2種類のレーザ光の出力を最適化することによりシリコンの熔融領域を形成することができる。このような温度プロファイルはレーザ光で加熱される領域においては先の図3に示したような帯域熔融再結晶化を実現する温度プロファイルと本質的に同じであり、このような温度プロファイルを保持しつつビームを基板と相対的に走査することにより前述の帯域熔融再結晶化のメカニズムにより再結晶化単結晶シリコンが得られる。さらに本手法では第1のレーザ光の照射による熱の発生はシリコン薄膜層内で起こり、第2のレーザ光の照射による熱の発生は絶縁性基板内で起こるというような異なる場所での熱の発生を起こさせることが可能である点に大きな特徴がある。本発明者らはこの2波長レーザ帯域熔融再結晶化法の特徴に着目し本手法による絶縁性基板上にシリコン薄膜の帯域熔融再結晶化法を詳細に検討し、無定形の絶縁性基板上にP型およびN型半導体領域をもつ単結晶シリコン薄膜を得ることができた。

【0010】以下図13を用いて本発明における薄膜半導体装置の構成要素について述べる。支持体基板1は絶縁性材料で構成される。単体材料としては石英ガラス、セラミック等の耐熱性の有する絶縁性材料が用いられるが、金属、あるいは半導体の上に適当な絶縁膜を形成した基板もまた本発明の支持体基板として用いることができる。具体的にはシリコンウエハー上に絶縁性材料として SiO_2 、 Si_3N_4 等を形成したものである。あるいは Fe 、 Al 、 Cu 等の金属の上に SiO_2 、 Si_3N_4 等の絶縁性材料を形成したのももまた支持体基板として使用可能である。さらには耐熱層を形成することによりシリコンの融点より低い材料も支持体基板として用いることができる。耐熱層を構成する材料としては絶縁性のもものでは SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 Si_3N_4 、 BN 等、また導電性のもものでは TiC 、 SiC 等がある。耐熱層を導電性のもので構成する場合には上記の絶縁性材料と組み合わせて用いる必要がある。また場合によっては耐熱性材料を複数組み合わせることもできる。これらの材料をプラズマCVD法、熱CVD法、光CVD法、LP-CVD法、MO-CVD法、スパッタ法、真空蒸着法、イオンビームクラスター成膜法等の各種成膜法や、イオン注入法等の各種材料改質のための手法を用いて形成する。半導体あるいは金属材料上に絶縁性材料を形成して支持体基板として用いる場合、あるいは低融点材料上に耐熱層あるいは絶縁層を形成して支持体基板として用いる場合には絶縁層、耐熱層の厚さは用いる材料の第2のレーザ光の吸収を考慮にいれて定めることが望ましく、例えば第2のレーザ光に炭酸ガス

レーザ光を用い、絶縁層あるいは耐熱層材料としてSiO₂を形成する場合にはその膜厚は50μm程度である。石英ガラス基板のような絶縁性材料を単体で支持体基板として用いる場合にはその機械的強度を保つ要求から通例レーザの吸収厚さに比べて十分に厚い寸法が選ばれる。その値は通常0.3mm～5.0mmであり、望ましくは0.5mm～2.0mmである。不純物侵入層1'は再結晶化膜の伝導型を制御するために形成される層である。再結晶化膜がシリコンでP型伝導を希望する場合の不純物としては周期率表III族元素が選ばれる。具体的にはB、Al、Ga、In等である。またN型伝導を希望する場合の不純物としては周期率表V族原子が選ばれる。具体的には、P、As、Sb等である。これらの元素を含んだ層を支持体基板上に形成する手法としては様々な手法が可能である。例えば前記の元素をイオン化し真空中で電界の効果により高速に加速して基板に衝突させる方法、いわゆるイオン注入法によって不純物侵入層を形成することができる。この方法はイオンビームを精度良く制御可能であるので基板上に任意の位置に異なる元素からなる不純物侵入層を形成することが可能である。この方法により形成した不純物侵入層は支持体基板との区別が明瞭でなく、実質的には支持体基板の変性層と考えることができる。また前記不純物を含む膜を成膜手法により形成することも可能である。例えばPH₃、SiH₄、O₂を原料ガスとして熱CVDの手法によりPを不純物として含む層を形成することができる。この層はこの上に形成される再結晶化膜の伝導型をN型に制御する。この不純物侵入層の厚みはその形成手法に依存して比較的大きな範囲を取り、イオン注入法等により直接支持体基板中に不純物侵入層を形成する場合にはその厚みは数十Åから数百Å程度であるが成膜手法により形成する場合にはその厚みは数μmに達する。この不純物侵入層1'中に存在する不純物原子は次の工程であるレーザ光の照射の工程において基板に吸収されるレーザ光により加熱され、シリコン層に拡散することにより、シリコン層の伝導型を決める。支持体基板1上で2波長レーザ帯域溶融再結晶化法により単結晶化されるシリコン層2は多結晶シリコンあるいは非晶質シリコンで構成される。このシリコン層2はプラズマCVD法、熱CVD法、光CVD法、LP-CVD法、MO-CVD法、スパッタ法、真空蒸着法、イオンビームクラスタ成膜法等の各種成膜法や、イオン注入法等の各種材料改質のための手法を用いて形成する。またこのシリコン層2は帯域溶融再結晶化過程において必要と判断される場合には通常のフォトリソグラフィの手法を用いて任意の形状に加工される場合もある。具体的には図5、図6、図7のようなストライプ状あるいは島状、あるいは連結島状であるが、これらの目的はいずれも支持体基板1上でシリコン融液の移動を制限し、よってファセット成長の安定性の向上を目的としたものであり、従来より帯域溶融再結晶化法によつてし

ばしば用いられる手法である。このようなシリコン層2の加工は再結晶化により得られる単結晶シリコン層の膜厚の均一性の向上には寄与するが、配向性を決定するものではない。シリコン層2の膜厚は0.1μm～5.0μmの範囲で再結晶化に使用でき、望ましくは0.3μm～1.0μmの範囲である。表面保護膜3は帯域溶融再結晶化手法による単結晶シリコン薄膜の形成において不可欠なものである。これは帯域溶融再結晶化過程において溶融シリコンの蒸発あるいは表面張力による丸まり現象（ビードアップ現象）を防ぐ目的で形成される。この表面保護層3は絶縁性材料により構成され、望ましい材料としてはSiO₂、SiO、Si₃N₄、SiNであり、これらを単独にあるいは複数組み合わせてシリコン層2に形成する。表面保護膜3の形成方法としてはプラズマCVD法、熱CVD法、光CVD法、LP-CVD法、MO-CVD法、スパッタ法、真空蒸着法、イオンビームクラスタ成膜法等の各種成膜法や、イオン注入法等の各種材料改質のための手法等である。膜厚は概ね0.5μm～5.0μmの範囲で最適化されて形成されるが、望ましくは1.0μm～2.0μmである。この表面保護層3は本発明による薄膜半導体装置を原料として半導体素子を形成する工程において除去される場合もある。

【0011】本発明の2波長レーザ帯域溶融再結晶化法における第1のレーザ光としてはシリコンに吸収帯域（およそ1.2μmより短波長側）にある波長の光を出すレーザ光を広く使用できる。具体的には短波長領域の各種のエキシマレーザ、He-Cdレーザ、Arレーザ、He-Neレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、YAGレーザ、あるいは半導体レーザ等が使用可能である。帯域溶融再結晶化に必要な温度プロファイルを形成する熱源とするという観点からは取りだし可能な出力が比較的大きいこと、また連続発振が可能なレーザであることが望ましく、Arレーザ、YAGレーザ、あるいは高出力の半導体レーザから選ぶことが望ましい。これらのレーザ光はその照射領域を広くするためビームの途中にレーザビームエクスパンダを挿入しビームを拡大することも可能であり、さらにはレーザビームを複数本用いてビームを合成して使用することも可能である。シリコン層に照射する場合のビーム形状としては帯域溶融再結晶化法の実現に好適なように均一な線状ビームが好ましい。種々の光学機械を用いてビーム形状を線状で均一にすることが可能である。また前述のごとく複数本のビームにより均一で線状のビームを形成することが可能である。さらにはビームの高速走査により擬似的に線状のビームを形成することも可能である。基板の予備加熱に用いられる第2のレーザ光としては絶縁性材料に吸収のあるレーザ光を広く使用することができる。赤外領域のレーザ光は広く絶縁性材料に吸収されるので第2のレーザ光としては好適である。具体的には炭酸ガスレーザあるいは一酸化炭素ガスレーザ等が使用できる。

第2のレーザビームのビーム形状としては必ずしも線状である必要はない。前述の第1のレーザビームに重ねて照射する場合において、第1のレーザの加熱により溶融してシリコンの再結晶化の熱プロファイルを制御するのに十分な大きさのビーム形状であれば良く図14のごとく線状に形成した第1のレーザビームの長さを L_1 とすると第2のレーザのこの方向での長さ L_2 は $L_2 > L_1$ が必要であり、望ましくは $L_2 > 1.2 L_1$ である。なお、レーザビームは通常は丸形で得られるが、種々の手段により細長い楕円状や実質長方形の形状にしたりして使用することができる。

【0012】第2のレーザは第1のレーザ光と共にシリコン層の帯域溶融再結晶化の熱源として用いられるが、第1のレーザ光での加熱が主としてシリコンを溶融することを目的として用いられるのに対して第2のレーザ光での加熱は溶融シリコンの冷却固化再結晶化過程を制御するために用いられる。そのため第2のレーザ光で加熱される領域は均一な温度プロファイルを示すようにしなければならない。そのために第2のレーザ光のビームは第1のレーザ光のビームに比べて広い領域で均一なパワー密度であることが必要である。カライドスコープ、セグメントミラー等の種々の光学機器を用いてビーム出力を平坦化することが可能である。また前述の第1のレーザ光の場合と同様に複数のレーザビームを合成して平坦な合成ビームを形成しても良い。またビームを走査することで加熱部の温度プロファイルを平坦化することも可能である。またこれらのレーザ光としては連続発振型の他にパルス発振型のレーザ光を使用することも可能である。このようにして第2のレーザ光のビームは概ね第1のレーザ光のビームを囲うような配置で基板上に照射されるが、第2のレーザ光のビームの外周近傍においてはビーム内部とビーム外部の大きな温度差によりたとえビーム強度が均一であっても温度勾配が生ずる場合がある。このような場合にはビームの外周部を強調したビームプロファイルを用いて温度の平坦化を図ることもできる。

【0013】2波長レーザ帯域溶融再結晶化法において用いられる第1のレーザ光と第2のレーザ光は前述の構成の他にそれぞれのレーザ光の強度が照射している場所の温度の変化に応じて変調できなければならない。本発明は帯域溶融再結晶化法により単結晶シリコンの再結晶化膜を安定して得ることに基礎がある。このような安定な溶融再結晶化を実現するためには照射するレーザ光の出力をフィードバックにより制御することが必要である。何故なら第1のレーザ光あるいは第2のレーザ光の吸収により発生する熱量は吸収する層の膜厚、表面の反射率等様々な要因により変化する。従って帯域溶融再結晶化過程を通じて温度プロファイルを安定に制御するためには光強度のフィードバック制御が必要である。更には前に述べた理由により配向性の制御のためには温度プ

ロファイルのコントロールが必要である。このようなレーザの光強度のフィードバック制御としては図15のごとく照射部の温度情報を帰還信号としてレーザ電源回路に取り込みレーザ出力を制御する方法がある。あるいは図16に示すようにレーザ発振器12と試料との間に光の強度を外部信号により連続的に変化させる機構を置き照射部の温度変化に応じてこの機構を制御する方法も可能である。光の強度を連続的に変化させる機構としては例えば2枚の偏向板の組合せを利用しても良い。このような光出力のフィードバック制御機構を備えた第1及び第2のレーザ光の照射の方法は基板上で二つのレーザ光の照射で図9に示したような熱プロファイルが形成され帯域溶融再結晶化法が実現できる照射の方法であれば特に制限はない。更には図9に示す熱プロファイルに関しても帯域溶融再結晶化について重要なのは溶融状態から固化にいたる過程であるので、熱プロファイルがビームの走査方向について対称形である必要もない。以下に本発明の具体的な実施例について述べる。

【0014】

【実施例】実施例1

本実施例では第1のレーザ光としてArレーザ光、第2のレーザ光として炭酸ガスレーザ光を用いた。図17に示すようにArレーザ発振器27より発射されたArレーザ光51はビーム径1.9mmのものをマルチラインの発振状態で用い、線状のビーム形状を形成するために凸レンズ26を試料21上で焦点を結ぶように配置し更に振動機構27を備えたミラー28を凸レンズ26と試料21の中間に配し、試料21上でビームスポットをレーザ光の走査方向と直交する方向に振動させて試料21上で線状の熱プロファイルを形成する。炭酸ガスレーザ光は4台の炭酸ガスレーザ発振器35, 36, 37, 38を用いてそれぞれミラー31, 32, 33, 34を介して試料21上に導いた。炭酸ガスレーザ光のビーム径はそれぞれ5mmのものをを用い、凸レンズ(47, 48, 49, 50)を介して基板上でビーム径が200 μ mになるように集光した。Arレーザ光51は放射温度計からなる温度検出部29とフィードバック制御部24よりレーザ電源23を制御し、ビームの走査を通じて測定部の温度が一定になるようにその出力を制御されている。また炭酸ガスレーザ光52, 53, 54, 55もArレーザ光51と同様に放射温度計からなる温度検出部30とフィードバック制御部43を通じて各々のレーザ電源39, 40, 41, 42が制御される。再結晶化膜を形成する基板は以下のようにして作成する。図11において支持体基板71は厚さ1.0mmの透明石英ガラス基板を用いた。このガラス支持体基板71を常法により洗浄したのちこの表面にイオン注入法を用いて再結晶化膜の伝導型をP型に制御する不純物としてB元素の侵入層と、再結晶化膜の伝導型をN型に制御する不純物としてP元素の侵入層を不純物層72として同一基板上に形成した。イオン注入はビームのX軸及びY軸の2軸に偏向することで行ない、図12に示すようにB元素の侵入層72'とP元素の

侵入層72''を基板状で交互にそれぞれ幅100μmのストライプ状でストライプの間隔を100μmになるように形成した。それぞれの不純物の注入条件はB元素については加速電圧80keV、打ち込み量 $5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ でありP元素については加速電圧50keV、打ち込み量 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ である。減圧化学気相成長装置（LPCVD装置）を用い帯域熔融再結晶化法により単結晶化されるシリコン層として多結晶シリコン薄膜73を形成した。その膜厚は3500Åである。つぎにこの多結晶シリコン薄膜73をフォトリソグラフィの手法により前記不純物層72に整合させて72'、72''のように巾100μmのストライプでストライプ間隔100μmに加工した。ついでこのストライプ状の多結晶シリコン72'、72''の上にLPCVD装置を用いて帯域熔融再結晶化の時の表面保護層としてSiO₂薄膜74を厚さ1.2μmに形成した。このように形成した多結晶シリコン薄膜試料を前述のArレーザ光（第1のレーザ光）と炭酸ガスレーザ光（第2のレーザ光）で同時に照射加熱熔融し帯域熔融再結晶化法により単結晶化する。第1のレーザ光と第2のレーザ光の配置は次のようである。多結晶シリコンストライプに直交するようにArレーザ光51はミラー28を用いて振動させた。この時のミラーの振動周波数は1kHzに設定した。またミラーの振幅はシリコン層上でArレーザ光51のビームの振れ幅が110μmになるように設定した。4つの炭酸ガスレーザ発振器35、36、37、38より発射された4本の炭酸ガスレーザ光52、53、54、55は図18に示すごとく線状のArレーザ光51の照射位置を囲うように対峙するビーム間隔200μmで配置した（図18は図14の関係を満した具体例である）。Arレーザ光51の出力を2.0W一定とし、ビームを振動させながら4本の炭酸ガスレーザ光52、53、54、55の出力を上昇していくと振動するArレーザ光51のビームの照射する位置のシリコン層が熔融する。この状態において図9に示したような帯域熔融再結晶化のための熱プロファイルが基板71上で実現されている。ついでステージ25に備えた試料移動機構により試料21を線状のArレーザビームが多結晶シリコンストライプ72'、72''に直交するように移動させるとArレーザ光51の照射部の

シリコンの熔融帯域8は試料21上でのレーザビームの相対的な走査に伴い、走査方向の下流側まで伸びていき、4本の炭酸ガスレーザ光52、53、54、55で熱的にガードされている周囲に熱を放出しながら冷却固化再結晶を行ない、幅100μmの単結晶ストライプとなる。この時のシリコン熔融部の下流側への伸びは試料の移動速度、炭酸ガスレーザ光の出力等により異なるが、試料21の移動速度1mm/s、4本の炭酸ガスレーザ光52、53、54、55の出力が各々15Wのとき、熔融シリコンの下流側への伸びはおおよそ0.5mmであった。ついで温度検出部29でArレーザ光51の照射部のシリコンの融液の温度を検知し（測温部A）、前述の制御法により温度が一定になるようにArレーザ光51の出力を制御し、更にもう一つの温度検出部30で試料21の走査に伴って下流側に伸びてくるシリコン融液の固化部より更に下流側500μmの位置の温度を検知し（測温部B）、同様に前述の制御法により温度が一定になるように4本の炭酸ガスレーザ光52、53、54、55の出力を制御した。このように測温部A、Bの2ヵ所の温度を一定に制御することによりレーザ光の基板上の走査全般に渡って安定な再結晶化膜を得ることができた。本実施例ではB元素の侵入層上での再結晶化の温度条件、及びP元素の侵入層上での再結晶化の温度条件を共に測温部Aで1423～1427℃、測温部Bで1345～1350℃に設定すると同一基板上でレーザビームの走査により得られた単結晶シリコンの配向面は(100)面配向であり、この時B元素の侵入層上での再結晶化、及びP元素の侵入層上での再結晶化の時のレーザー出力条件は表1に示す範囲であった。以上の操作の繰返しにより2波長レーザー帯域熔融再結晶化法により基板上の多結晶シリコンストライプを単結晶化した。その後、表面保護層のSiO₂薄膜を緩衝フッ酸溶液にてエッチング除去した。得られた再結晶化シリコン薄膜はホール測定の結果、B元素の侵入層上での再結晶化シリコンはP型伝導を示しP元素の侵入層上の再結晶化シリコンはN型伝導を示すことが判った。以上により本発明の請求項1が開示する薄膜半導体装置が完成した。

【表1】

	B注入層上での再結晶化	P注入層上での再結晶化
Arレーザー出力	2.0W	2.0W
炭酸ガスレーザー出力（1本当り）	15W	12W

【0015】

【効果】本発明の請求項1の開示する薄膜半導体装置は

同一の絶縁性基板上にP型とN型の異なる伝導型を有しているため、この部材を用いて半導体デバイスを形成す

る場合に不純物導入への工程を簡素化でき、歩留りの向上が可能となる。また、請求項2の開示する製法によれば請求項1の薄膜半導体装置を効率よく得ることができる。請求項3は、そのための製造装置を提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】溶融再結晶法における温度分布の具合によっては多結晶化することを示す概略図である。

【図2】溶融再結晶法における温度分布の具合によっては単結晶化することを示す概略図である。

【図3】(a)は、再結晶化の方向(矢印)におけるシリコン薄膜の好ましい温度分布を示し、シリコンの融点1412℃を上まわる温度の個所が溶融再結晶化が行われている個所である。

(b)は、シリコン薄膜の層を有する絶縁性基板よりなる薄膜半導体装置の概略図であり、8はシリコンの溶融部分を示す。

【図4】溶融シリコンの固液界面の状態図である。

【図5】絶縁性基板上に設けられたシリコン層の形状がストライプ状の場合を示す薄膜半導体装置の平面図である。

【図6】本発明のシリコン層の平面的配置の1例を示す平面図である。

【図7】本発明のシリコン層の平面的配置の1例を示す平面図である。

【図8】本発明の帯域溶融再結晶化の状態を示す薄膜半導体の断面図である。

【図9】本発明の2種類のレーザー光による加熱領域の温度プロファイルを示す。

【図10】線状ヒータを用いた帯域溶融法の概略図を示す。

【図11】本発明実施例の薄膜半導体装置の断面図である。

【図12】本発明実施例におけるP型およびN型伝導層の配置状態を示す。

【図13】本発明の薄膜半導体装置の1例を示す断面図である。

【図14】本発明の薄膜半導体装置に用いる2波長レーザー帯域溶融再結晶法が可能な第1レーザー光と第2レーザー光との好適な相対的位置関係を示した図である。

【図15】レーザーの光強度のフィードバックシステムの1例を示す。

【図16】レーザーの光強度のフィードバックシステムの他の1例を示す。

【図17】本発明実施例におけるレーザー照射システムを示す。

【図18】第1レーザーと第2レーザーの組合せ照射例を示す。

【図19】本発明実施例のレーザー光の配置で行われる帯域溶融再結晶化の様子を模式的に示す図である。

【符号の説明】

- 1 絶縁性基板
- 1' 不純物侵入層
- 2 半導体層（シリコン層）
- 3 表面保護層
- 4 第1のレーザー光
- 5 第2のレーザー光
- 8 溶融帯域
- 11 絶縁性基板
- 12 レーザ発振器
- 13 レーザ電源
- 14 フィードバック制御部
- 15 温度検知部
- 16 光変調部
- 21 試料
- 22 Ar レーザ発振器
- 23 Ar レーザ電源
- 24 Ar レーザ用フィードバック制御部
- 25 ステージ
- 26 凸レンズ
- 27 ミラー振動機構
- 28 Ar レーザ用ミラー
- 29 Ar レーザ用温度検知部
- 30 炭酸ガスレーザー用温度検知部
- 31 炭酸ガスレーザー用ミラー検知部
- 32 炭酸ガスレーザー用ミラー検知部
- 33 炭酸ガスレーザー用ミラー検知部
- 34 炭酸ガスレーザー用ミラー検知部
- 35 炭酸ガスレーザー発振器
- 36 炭酸ガスレーザー発振器
- 37 炭酸ガスレーザー発振器
- 38 炭酸ガスレーザー発振器
- 39 炭酸ガスレーザー電源
- 40 炭酸ガスレーザー電源
- 41 炭酸ガスレーザー電源
- 42 炭酸ガスレーザー電源
- 43 炭酸ガスレーザー用フィードバック制御部
- 44 測温部A
- 45 測温部B
- 46 溶融領域
- 47 凸レンズ
- 48 凸レンズ
- 49 凸レンズ
- 50 凸レンズ
- 51 Ar レーザビーム
- 52 炭酸ガスレーザービーム
- 53 炭酸ガスレーザービーム
- 54 炭酸ガスレーザービーム
- 55 炭酸ガスレーザービーム
- 71 透明石英ガラス基板

72 不純物層

72' P型伝導層 (B元素侵入層)

72'' N型伝導層 (P元素侵入層)

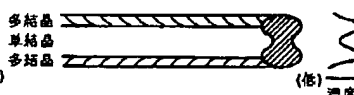
73 多結晶シリコン薄膜

74 表面保護層

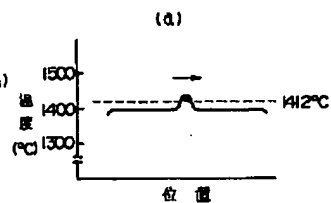
【図1】



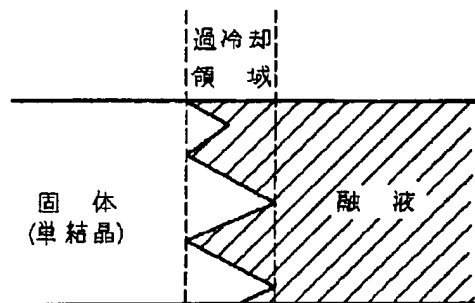
【図2】



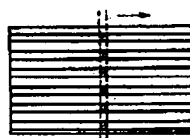
【図3】



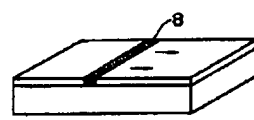
【図4】



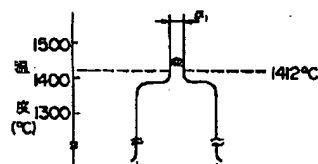
【図5】



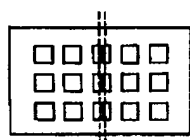
【図6】



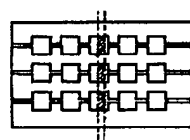
【図7】



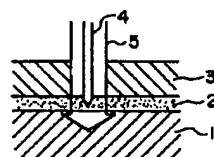
【図8】



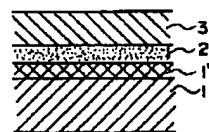
【図9】



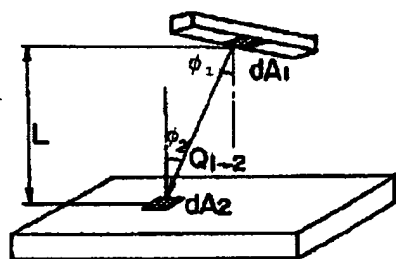
【図10】



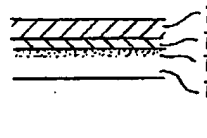
【図11】



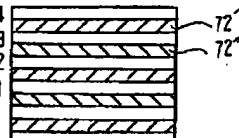
【図12】



【図13】



【図14】

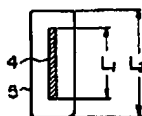


【図15】

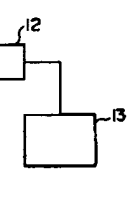
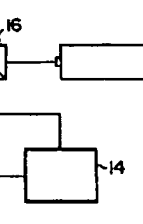
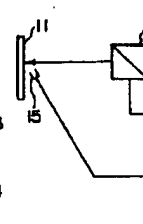
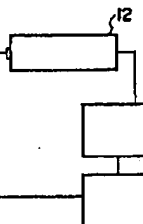
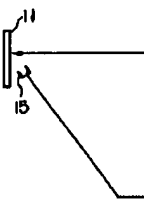
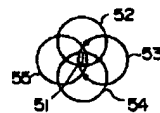
【図16】

【図17】

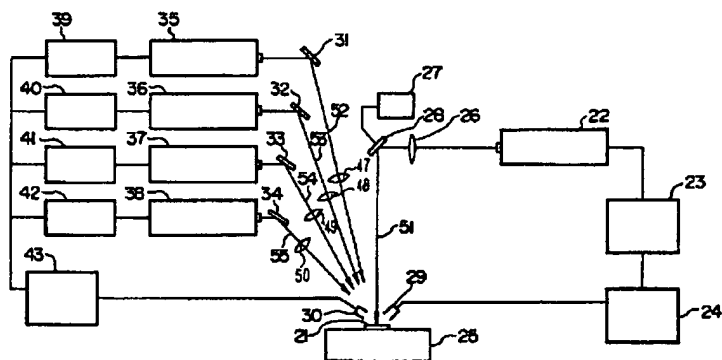
【図18】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁵
// H O 1 L 21/268

識別記号 庁内整理番号
B 8617-4M

F I

技術表示箇所